

## 1本のプラスチック光ファイバーで多点水分検知を可能とする方法

西松建設 正会員 高木 雄介  
 神戸大学 学生会員 千葉 敬太  
 神戸大学 学生会員 ○荒瀬 航  
 神戸大学 正会員 芥川 真一

### 1. 目的

水分を多く含む材料（水、生コン、処理水など）の有無や量に関する情報を効果的に得るための多点水分検知を可能とする技術について報告する。

### 2. プラスチック製光ファイバー

直径 1mm のプラスチック製光ファイバー (Plastic Optical Fiber, 略称 POF) 内を伝搬する光のルートを考える。図 1 において, Route-1 が示すように POF 内で全反射を繰り返して進む光がある一方で, Route-2 の様に進む光も存在する。Route-2 の Path-2 に注目すると, その光が屈曲した部位の壁に到達した後に, 一部

は Path-3out として放出され, 残りは Path-3in として反射し POF 内を進むことになる。実際には POF の外側には厚さ 0.01mm のクラッドという層があるため, 光の進み方はもう少し複雑ではあるが, 大局的には

図 1 のような現象が起きる。この時, 外に出る光 Path-3out と内側で反射する光 Path-3in の比率は POF 周辺に存在する物体の光の屈折率によって変化するため, 最終的に POF の端部に届く光の強さを光強度  $L$  (Light intensity) で光の 3 原色の強度を  $R, G, B$  としたとき,  $L = \text{SQRT}(R^2 + G^2 + B^2)$  として定義されるパラメータ) とした

キーワード 水分検知, プラスチック製光ファイバー, 光の屈折, 光の反射

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部市民工学科 TEL 078-803-6015

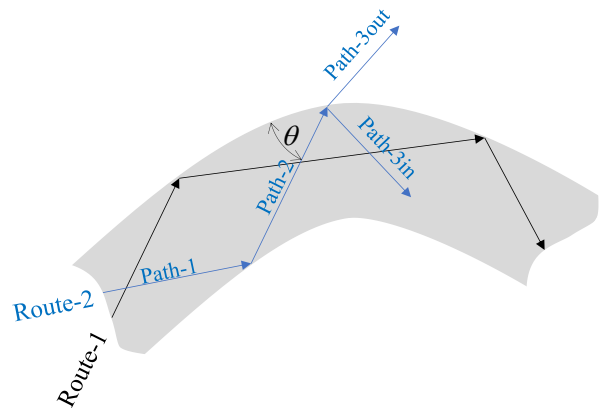


図 1 POF 内の光の進み方

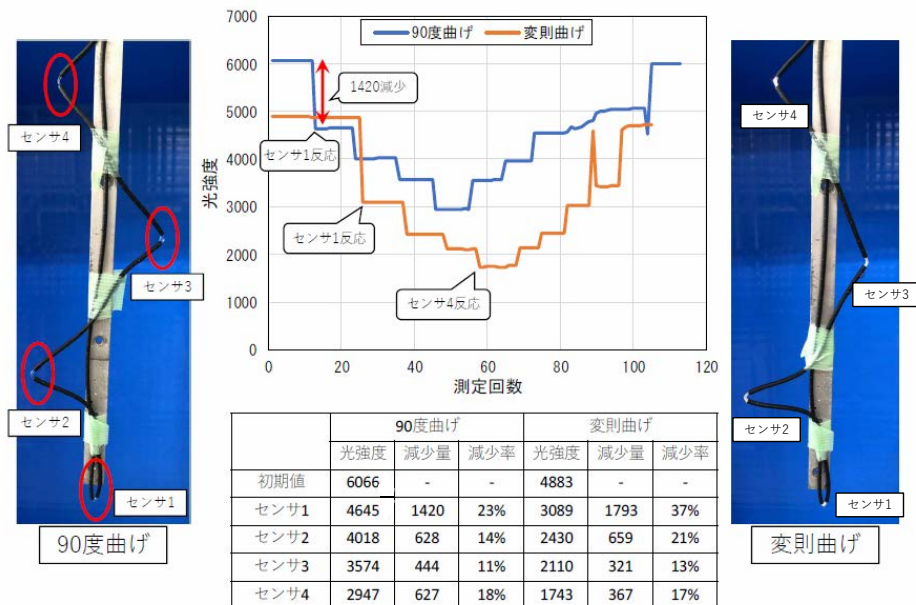


図 2 POF を折り曲げた形状での多点水分検知の実験結果

(この実験で使用したデータロガーによる光強度の最大値は 7094. また, 光の 3 原色の強度は 0~4096 の値をとる<sup>1), 2)</sup>.)

時、LはPOFに設けた複数の屈曲部（この部位が水分検知センサとして機能する）の内、何個目までが水（空気とは光の屈折率が異なる）に接触しているかを表現できる量になる。

### 3. 複数の屈曲部を持つ1本のPOFを用いた実験

図2に90度前後の屈曲部を4箇所ずつ設けた2つの実験結果を示す。屈曲させたセンサとしての機能を発揮する部位（センサ1からセンサ4と表記）を下側から順に水に漬け、その後、水から出したときの光強度Lの変化を見ると、センサが水に入るたびに光強度が明確に変動しており、どの位置まで水没したのかを判定できることが分かる。続いて、図3に1本のPOFに10箇所のセンサ部を設けた時の実験の様子を示す。このケースでは、5本のPOFを用意し、それぞれを直径が1, 2, 3, 4, 5mmのねじ10個に巻き付けた状態にし、装置全体を順番に水没させた。その時の光強度Lの変化を図4に示す。センサ部（ねじの周りを1周している部位）が1箇所水没した際のLの減少量は水没するセンサ部の数に応じて小さくはなるが、全体としては1本のPOFの内、どこまでが水没しているのかを推定できる可能性があることが分かる。今後は、1本のPOFに設けられるセンサ部の最大数、また、何個目までのセンサ部が水没（あるいは水を含むその他の任意材料内への侵入）しているのかを明確に判定するための判定基準などについて検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 芥川真一：光ファイバーを利用したデジタル式 Off-Site Visualization による任意変状の定性的評価, On-Site Visualization のすすめ, 土木技術, 第73巻1号, p.82-87, 2018.1
- 2) 芥川真一：光の屈折率の違いに注目した光ファイバーセンシング, On-Site Visualization のすすめ, 土木技術, 第73巻5号, pp.60-64, 2018.5.
- 3) 芥川真一, 井上雅之, 林稔, 松村匡樹, 土本真史：プラスチック製光ファイバーセンサーとスマートフォンアプリを用いた斜面モニタリングの低コスト化の実現に向けた研究, Kansai Geo-Symposium 2020, Vol.8, pp.209-214, 2020.11
- 4) 千葉敬太：土木施工における流体侵入検知に関する基礎的研究, 卒業論文, 神戸大学市民工学科, 2022

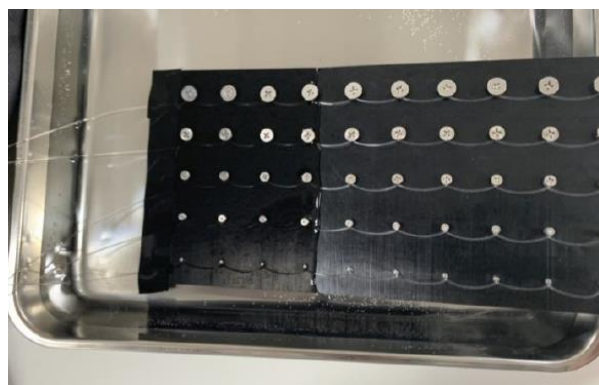


図3 異なる直径を有するねじにPOFを巻きつけた形状での多点水分検知の実験

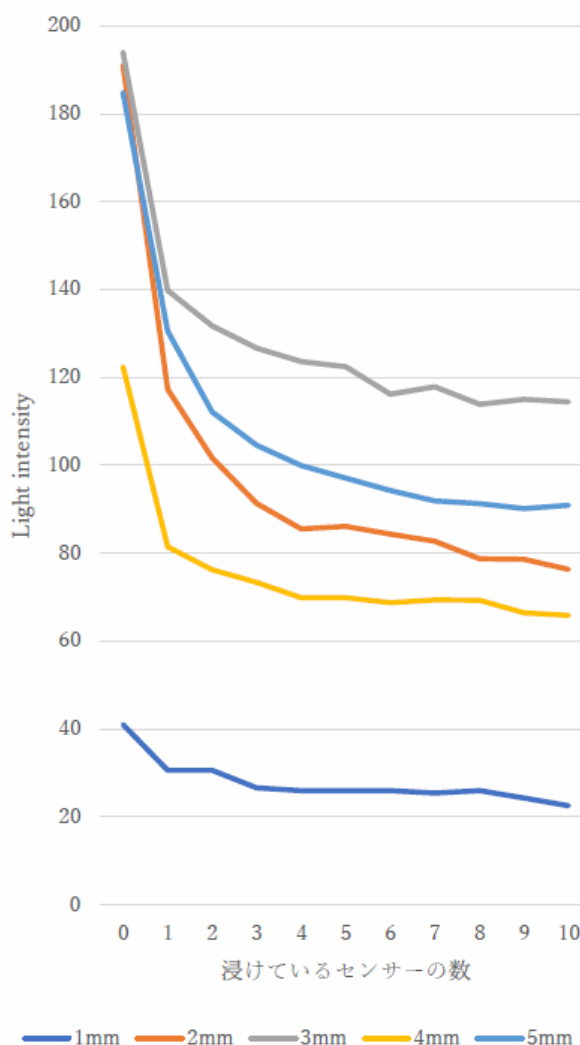


図4 異なる直径を有するねじにPOFを巻きつけた形状での多点水分検知の結果

(この実験で使用したデータロガーによる光強度の最大値は442。また、光の3原色の強度は0~255の値をとる<sup>3),4)</sup>。)